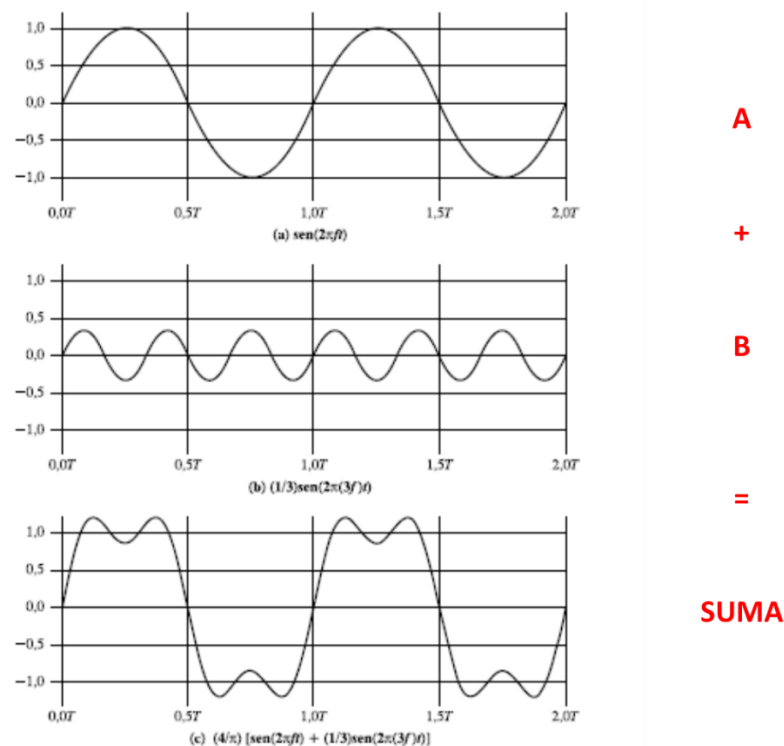


Señales complejas

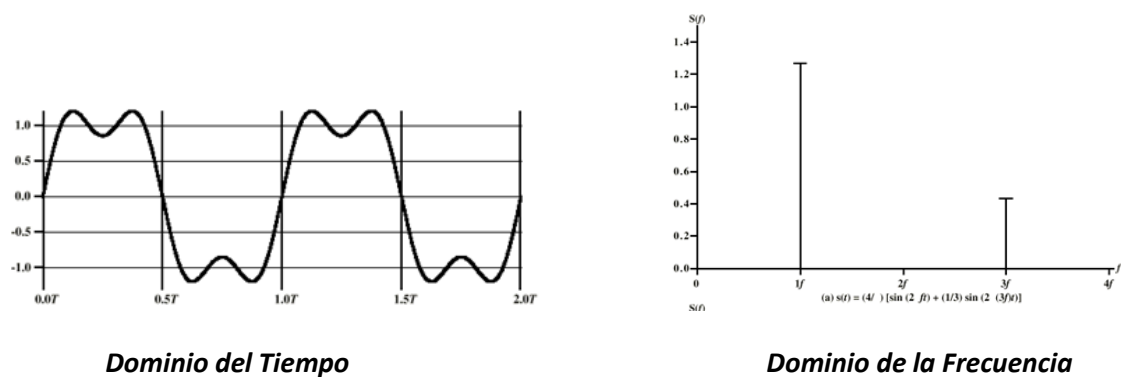
Las señales de los sistemas de comunicaciones por lo general son señales más complejas que las señales sinusoidales, como la voz o la música, y estas deben viajar por los circuitos de los sistemas sin distorsionar o deformar las señales.

Como ya sabemos la música es una suma de diferentes tonos que sumados dan la señal que escuchamos. Cada tono es una señal sinusoidal de diferentes frecuencias, o sea que la música es la suma de diferentes señales sinusoidales.

Fijense a continuación qué ocurre si procedemos a sumar dos tonos (señales senoidales puras), donde podemos observar que la señal resultante de esa suma es una señal NO senoidal:



Lo que vemos entonces en el dominio del tiempo, es la señal “suma” de los dos tonos en este caso (primer figura). En el dominio de la frecuencia esto se vería como se muestra en la segunda figura:



Resulta de suma importancia para nosotros, poder comenzar a comprender las dos formas alternativas de observar una señal: **en el dominio del tiempo** y **en el dominio de la frecuencia**. En este último dominio lo que vemos es las componentes (tonos) senoidales puros que componen esa señal compleja.

Para poder escuchar la música que se generó originalmente deben pasar por los sistemas de comunicación con todas las frecuencias o tonos que la componen, si alguna de esos tonos no pasasen o algunos tonos se atenúen en forma excesiva, ya no podría recibir la señal original que se envió.

Por lo tanto se debe estudiar el medio de transmisión para saber que frecuencias pasaran sin atenuación, lo que se llama el “Ancho de Banda” (ΔB) y también se deberá conocer las componentes de las señales complejas que pasaran por ese medio de transmisión, para finalmente saber si el medio de transmisión dejará pasar la totalidad de la información o si la totalidad de la información pasará por el ancho de banda del medio.

Para determinar las componentes de una señal compleja, no sinusoidal, periódica o sea que sus valores se repiten al cabo de un tiempo T (período) pueden ser descompuestas en sus frecuencias componentes o frecuencias armónicas a través de la Serie de Fourier, que veremos más adelante.

¿Qué es el ancho de banda?

El ancho de banda o bandwidth, puede referirse a varias cosas dependiendo de la aplicación de la que estemos hablando. Cuando hablamos de radio, el ancho de banda se suele referir al intervalo de frecuencias que pueden pasar sin atenuación por el sistema.

También ancho de banda es una unidad de medida que representa la tasa en que los datos o bits de información pueden pasar a través de un sistema informático.

Piensa en el ancho de banda o bandwidth, como una tubería o una manguera de agua. Cuanto más grande sea la tubería, mayor será el volumen de agua que puede pasar por ella. No confundas esto con la presión. Ejerciendo presión en la tubería, se puede lograr que el agua sea expulsada con más rapidez. Sin embargo, ¿Ha salido un mayor volumen de agua? Ahora aplica el mismo concepto a las telecomunicaciones.

El ancho de banda es la tubería o manguera de la industria de las comunicaciones. Cuanto más grande sea la tubería, más información podrá ser pasada a través de ella. Ahora asume que hay una pequeña fogata. Con una manguera de agua normal, podríamos conseguir suficiente cantidad de agua para apagarla. Ahora imagina que lo que se quema es una casa. La manguera corriente ya no será de mucha utilidad para apagar un fuego de esas dimensiones. Para esta necesidad, la manguera y las tuberías tendrán que ser mayores.

Volvamos a nuestro entorno de Internet con los ejemplos anteriormente mencionados. El ancho de banda es muy similar a lo que se ha comentado. El ancho de banda es el flujo de bits de información (agua) que puede ser llevado por un canal de transmisión (tubería). Cuanta más información se envíe, más habrá que aumentar el ancho de banda.

Cuando nos conectamos a Internet desde casa, requerimos el servicio de una ISP o proveedor de servicios de Internet. Se puede utilizar la analogía de una compañía de agua, que nos suministra el flujo de agua a nuestra casa. Las ISPs nos ofrecen servicios de banda ancha. En telecomunicaciones, banda ancha se refiere a un sistema capaz de llevar un amplio rango de

frecuencias. En ocasiones estas frecuencias pueden ser divididas en canales y cada canal puede ser usado para transmitir información.

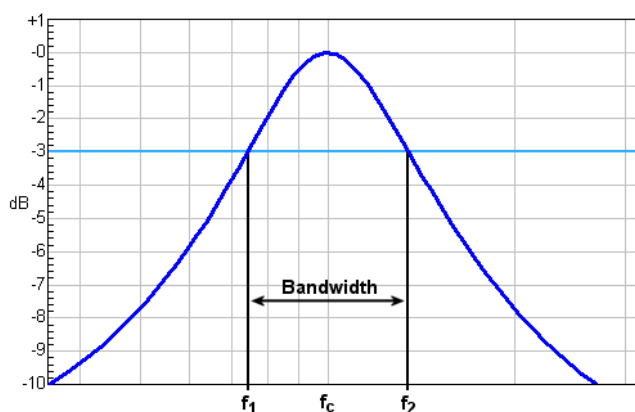
En conexiones a Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bits por segundo (bps), kilobits por segundo (Kbps), o megabits por segundo (Mbps).

Para señales analógicas, el ancho de banda, medida en Hz, es el rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal. Puede ser calculado a partir de una señal temporal mediante el análisis de Fourier. También son llamadas frecuencias efectivas las pertenecientes a este rango.

La frecuencia es la magnitud física que mide las veces por unidad de tiempo en que se repite un ciclo de una señal periódica. Una señal periódica de una sola frecuencia tiene un ancho de banda mínimo. En general, si la señal periódica tiene componentes en varias frecuencias, su ancho de banda es mayor, y su variación temporal depende de sus componentes de frecuencia.

Normalmente las señales generadas en los sistemas electrónicos, ya sean datos informáticos, voz, señales de televisión, etc. son señales que varían en el tiempo y no son periódicas, pero se pueden caracterizar como la suma de muchas señales periódicas de diferentes frecuencias.

Es común denominar ancho de banda digital a la cantidad de datos que se pueden transmitir en una unidad de tiempo. Por ejemplo, una línea ADSL de 256 kbps puede, teóricamente, enviar 256000 bits (no bytes) por segundo. Esto es en realidad la tasa de transferencia máxima permitida por el sistema, que depende del ancho de banda analógico, de la potencia de la señal, de la potencia de ruido y de la codificación de canal.



Un gráfico de la magnitud de ganancia de banda de un filtro, ilustrando el concepto de un ancho de banda de -3 dB a una ganancia de 0,707. Los ejes de frecuencia en el diagrama pueden ser a escala lineal o logarítmica. Un ejemplo de banda estrecha es la realizada a través de una conexión telefónica, y un ejemplo de banda ancha es la que se realiza por medio de una conexión DSL, microondas, cablemodem o T1. Cada tipo de conexión tiene su propio ancho de banda analógico y su tasa de transferencia máxima.

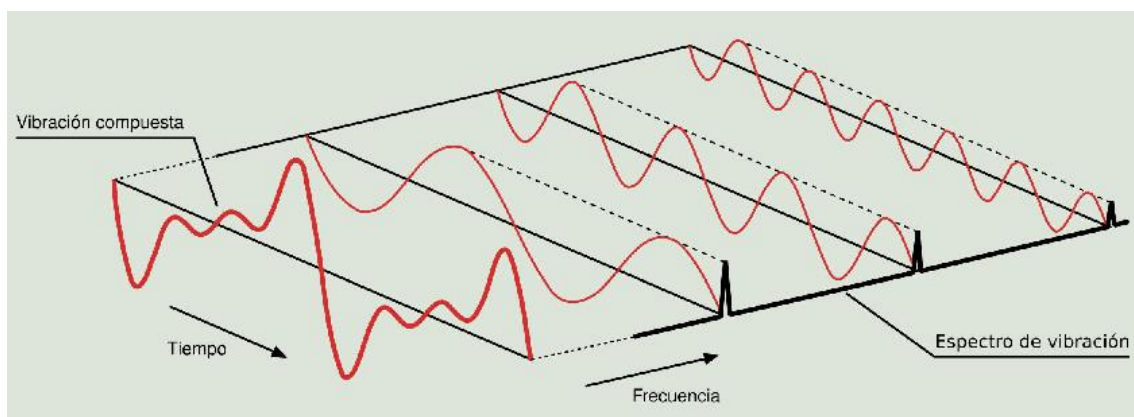
En definitiva, el ancho de banda en un canal de comunicaciones representa el rango de frecuencias de señales que ese canal deja transitar a través de él de manera satisfactoria (o sea con una reducida atenuación). Este se grafica normalmente en el dominio de la frecuencia, y se expresa en Unidades de frecuencia (o sea Hz, Khz o Mhz).

Serie de Fourier

El matemático francés Joseph Fourier en 1826 descubrió que toda señal no sinusoidal periódica está formada por infinitas componentes sinusoidales, por lo tanto para poder reproducir la misma señal que fue enviada se deben sumar la totalidad de las componentes que la forma.

De esta manera Fourier logró demostrar que sumando una cantidad determinada de senos y cosenos (llamados armónicos) se puede construir cualquier función periódica $g(t)$ compleja (la cantidad de senos y cosenos posiblemente pueda ser infinita dependiendo de la señal compleja que sea).

Para saber las componentes de una señal se puede aplicar la serie de Fourier, que se utiliza básicamente para analizar funciones que son periódicas; que no es más que una descomposición de la función original en una suma infinita de funciones elementales en senos y cosenos que tienen frecuencias múltiplos de la señal inicial.



Descomposición de una señal compleja

Sea $e(x)$ una función de una variable real. Supongamos que dicha función es definida en un determinado intervalo de longitud T . Se define la serie de Fourier de $e(t)$ como:

$$e(t) = a_0/2 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t))$$

donde: $\omega = \frac{2\pi}{T}$ es la frecuencia fundamental.

Se llaman Coeficientes de Fourier a: a_0 , a_n , b_n . Hay que tener en cuenta que tanto a_n como b_n hacen referencia a infinitos términos ya que como se ve en la expresión de la Serie de Fourier el sumatorio va desde 1 hasta infinito.

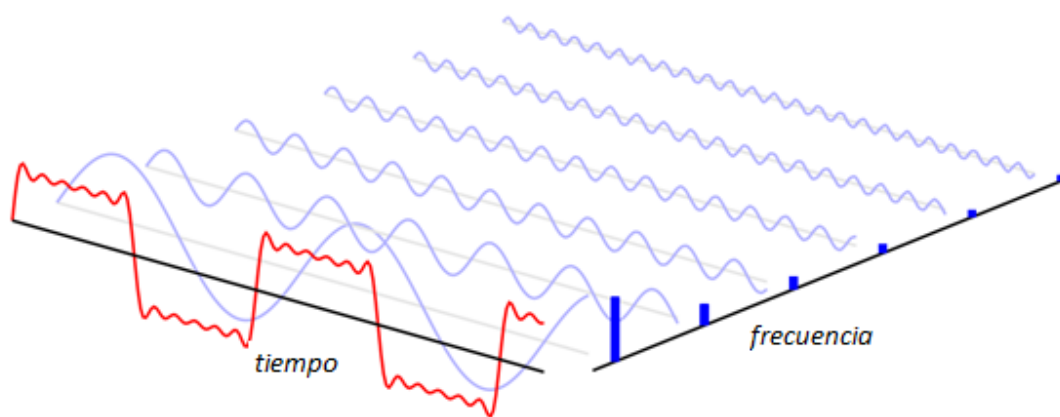
Parece obvio que una vez conozcamos los coeficientes de Fourier ya estaremos en disposición de poder construir la serie de Fourier de la función $e(t)$.

Si consideramos n igual a dos nos quedará de la siguiente forma:

$$e_2(t) = a_0/2 + a_1 \cos(1\omega t) + b_1 \sin(1\omega t) + a_2 \cos(2\omega t) + b_2 \sin(2\omega t)$$

A los dos sumandos $a_1 \cos(1\omega t) + b_1 \sin(1\omega t)$ se les suele denominar primer armónico. Análogamente a los dos sumandos de subíndice 2 se les llama segundo armónico y así sucesivamente con cada dos sumandos del mismo subíndice.

Lo que se desprende la serie de Fourier es que toda señal no sinusoidal y periódica está formada **por la suma de infinitas componentes sinusoidales**. Para poder formar la misma señal que en el origen debemos recuperar la totalidad de las componentes caso contrario la señal se cada vez se parecerá menos a la señal original.



*En rojo la señal en función del tiempo, en azul oscuro su transformación en el dominio de la frecuencia y en azul claro su descomposición en componentes sinusoidales
[fuente: pgfplots.net]*

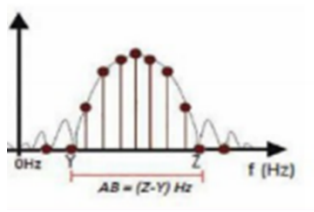
Cómo se relaciona las series de Fourier con el Ancho de Banda

Como vimos entonces, el ancho de Banda de un canal será el rango de frecuencias para el cual el canal se comporta de manera aceptable al paso de una señal a través de él.

Por otro lado vimos que una señal compleja (que es el tipo de señal típica que debe viajar por un canal de comunicaciones), tiene múltiples componentes senoidales simples que la componen (tonos o armónicas), formando dicha señal compleja. Esos tonos o armónicas las podemos observar representando a esa señal compleja en el dominio de la frecuencia, donde se pueden ver cada uno de los componentes senoidales simples o armónicas que la componen.

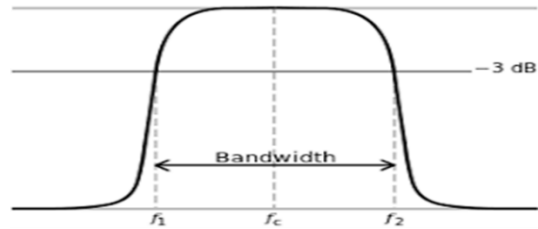
Ahora bien, si lo que yo pretendo es que esa señal compleja viaje de manera adecuada por un canal de comunicaciones, tendré que lograr que el ANCHO DE BANDA de ese canal sea mayor o igual al rango de frecuencias armónicas de la señal compleja que pretendo hacer viajar por él.

Gráficamente debería cumplirse lo siguiente:



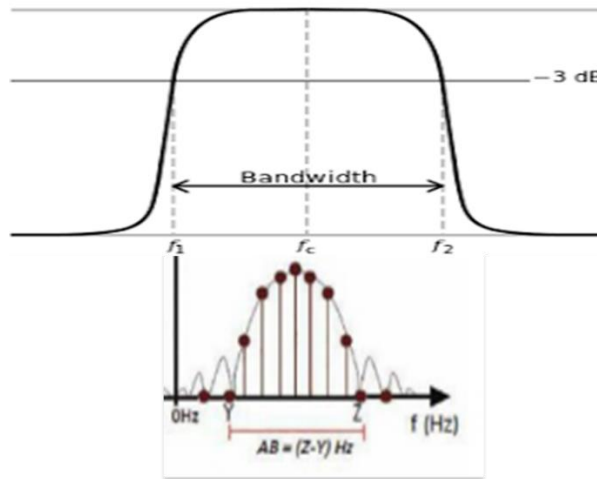
BW Señal

$\hat{=}$



BW Canal

O sea para que la señal de la imagen anterior pueda viajar adecuadamente por el canal del que se ha representado de manera gráfica el ancho de banda, deberá ocurrir que las componentes armónicas o tonos de esa señal, se encuentren dentro del ancho de banda del canal por que pretenden viajar. Gráficamente:



Por favor vea los siguientes videos:

https://www.youtube.com/watch?v=Qg03ksZ_oc0&list=PLuzS0jdNRVvrNSVUoD1tV5C8Ln8aIW-UL&index=10

<https://www.youtube.com/watch?v=N19yWwACfY8&list=PLuzS0jdNRVvrNSVUoD1tV5C8Ln8aIW-UL&index=11>

<https://www.youtube.com/watch?v=1KVshFpe6Fc&list=PLuzS0jdNRVvrNSVUoD1tV5C8Ln8aIW-UL&index=12>

https://www.youtube.com/watch?v=COP94k_GvBs&list=PLuzS0jdNRVvrNSVUoD1tV5C8Ln8aIW-UL&index=13